

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-071462

(43)Date of publication of application : 17.03.2005

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

G02B 5/18

(21)Application number : 2003-299176

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 22.08.2003

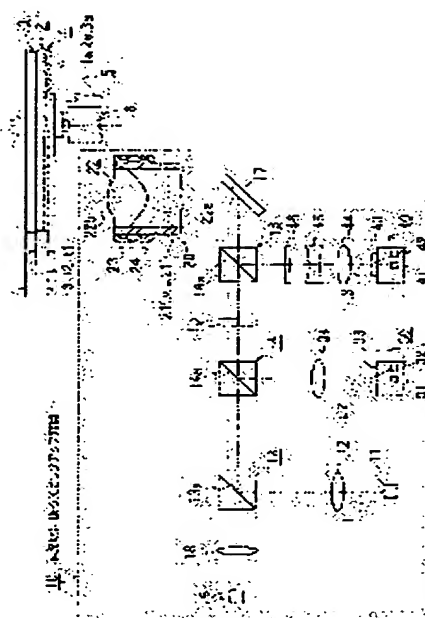
(72)Inventor : SAITO RYO
ITONAGA MAKOTO

(54) OPTICAL PICKUP DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make laser light incident to an aberration correcting element in a state of parallel beams as much as possible when making 1st to 3rd laser light corresponding to three kinds of optical recording media incident to the aberration correcting element.

SOLUTION: The aberration correcting element 21 is arranged between 1st to 3rd laser beam sources 11, 31 and 41 and an objective lens 22, and the 1st and 2nd laser light L1, L2 made to exit from the 1st and 2nd laser light sources 11, 31 are made incident to the aberration correcting element 21 in the state of parallel beams, while the 3rd laser light L3 made to exit from the 3rd laser light source 41 is made incident to the aberration correcting element 21 in a state of scattered beam.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.03.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1光記録媒体と、前記第1光記録媒体よりも記録密度が低い第2光記録媒体と、前記第2光記録媒体よりも記録密度が低い第3光記録媒体と、前記第1～第3光記録媒体の各信号面を適宜組み合わせる一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体とを選択的に記録又は再生する光ピックアップ装置において、

前記第1光記録媒体に対応して第1レーザー光を出射させる第1レーザー光源と、

前記第2光記録媒体に対応して前記第1レーザー光よりも波長が長い第2レーザー光を出射させる第2レーザー光源と、

前記第3光記録媒体に対応して前記第2レーザー光よりも波長が長い第3レーザー光を出射させる第3レーザー光源と、

第1光記録媒体用として開口数（NA）が0.75以上に設定され、且つ、互いに対向する第1、第2面のうち少なくとも一方の面が非球面に形成されて、前記第1～第3レーザー光を前記第1～第3光記録媒体の各信号面に集光させる対物レンズ、

前記第1～第3レーザー光源側の下面に円形状の光透過性平坦部とリング状の第3レーザー光用開口制限部とを中心部から外周部に向かって順に形成し、且つ、前記対物レンズ側の上面の内周領域に回折パターン部を形成すると共にこの回折パターン部の外側を平坦に形成した収差補正素子とを少なくとも備え、

前記収差補正素子は、平行光の状態が入射させた前記第1レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第2、第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン部で回折させることなく透過させて0次光を前記対物レンズに入射させ、

また、平行光の状態が入射させた前記第2レーザー光を前記第2レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部を透過させた後に、前記回折パターン部で回折させることで前記第2レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させ、

更に、拡散光の状態が入射させた前記第3レーザー光を前記第2、第3レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を前記とは異なる所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部を透過させた後に、前記回折パターン部で前記第2レーザー光よりも拡散度を強めて回折させることで前記第3レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項2】

第1光記録媒体と、前記第1光記録媒体よりも記録密度が低い第2光記録媒体と、前記第2光記録媒体よりも記録密度が低い第3光記録媒体と、前記第1～第3光記録媒体の各信号面を適宜組み合わせる一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体とを選択的に記録又は再生する光ピックアップ装置において、

前記第1光記録媒体に対応して第1レーザー光を出射させる第1レーザー光源と、

前記第2光記録媒体に対応して前記第1レーザー光よりも波長が長い第2レーザー光を出射させる第2レーザー光源と、

前記第3光記録媒体に対応して前記第2レーザー光よりも波長が長い第3レーザー光を出射させる第3レーザー光源と、

第1光記録媒体用として開口数（NA）が0.75以上に設定され、且つ、互いに対向する第1、第2面のうち少なくとも一方の面が非球面に形成されて、前記第1～第3レーザー光を前記第1～第3光記録媒体の各信号面に集光させる対物レンズ、

前記第1～第3レーザー光源側の下面に円形状の光透過性平坦部とリング状の第3レーザー光用開口制限部とを中心部から外周部に向かって順に形成し、且つ、前記対物レンズ側の上面の内周領域に回折パターン部を形成すると共にこの回折パターン部の外側を平坦に形成した収差補正素子とを少なくとも備え、

前記収差補正素子は、平行光の状態が入射させた前記第1レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン

部で回折させることなく透過させて0次光を前記対物レンズに入射させ、
また、平行光の状態に入射させた前記第2レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン部内に入射した前記第2レーザー光のみを前記回折パターン部で回折させることで前記第2レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させ、
更に、拡散光の状態に入射させた前記第3レーザー光を前記第3レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部を透過させた後に、前記回折パターン部で前記第2レーザー光よりも拡散度を強めて回折させることで前記第3レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させることを特徴とする光ピックアップ装置。

10

【請求項3】

請求項1又は請求項2記載の光ピックアップ装置において、
前記回折パターン部を凹凸状に形成し、且つ、凹凸部の繰り返し周期を内周部から外周部に向かうにつれて徐々に狭めてリング状に形成した時に、前記回折パターン部中の凹部の深さを前記第1レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さと、前記第2レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さとの間になるように設定したことを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、波長が異なる第1～第3レーザー光を用いて基板厚さが異なる第1～第3光記録媒体を選択的に記録又は再生する際に、開口数（NA）が0.75以上である一つの対物レンズと、この対物レンズを用いた時に第1～第3光記録媒体の基板厚さの異なりによって生じる球面収差を補正するための収差補正素子とを少なくとも備えた光ピックアップ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般的に、円盤状の光ディスクやカード状の光カードなどの光記録媒体は、映像情報とか音声情報やコンピュータデータなどの情報信号を透明基板上で螺旋状又は同心円状に形成したトラックに高密度に記録し、且つ、記録済みのトラックを再生する際に所望のトラックを高速にアクセスできることから多用されている。

30

【0003】

この種の光記録媒体となる光ディスクとして例えばCD（Compact Disc）やDVD（Digital Versatile Disc）などは既に市販されているが、最近になって光ディスクに対してより一層高密度化を図るために、CD、DVDよりも情報信号を超高密度に記録又は再生できる超高密度光ディスク（Blu-ray Disc）の開発が盛んに行われている。

【0004】

まず、上記したCDは、従来、波長が780nm前後のレーザー光を開口数（NA）＝0.45程度の対物レンズで絞り込んだレーザービームをディスク基板に照射して、ディスク基板のレーザービーム入射面から略1.2mm隔てた信号面上に情報信号を記録又は再生している。

40

【0005】

また、上記したDVDは、従来、波長が650nm前後のレーザー光を開口数（NA）＝0.6程度の対物レンズで絞り込んだレーザービームをディスク基板に照射して、ディスク基板のレーザービーム入射面から略0.6mm隔てた信号面上に情報信号を記録又は再生している。この際、DVDの記録容量はCDよりも6～8倍高めてディスク基板の直径が12cmの時に片面で4.7GB（ギガバイト）程度である。

【0006】

また、上記した超高密度光ディスクは、波長が450nm以下のレーザー光を開口数（

50

NA) = 0.75以上の対物レンズで絞り込んだレーザービームをディスク基板に照射して、レーザービーム入射面から略0.05mm~0.15mm隔てた信号面上に情報信号を記録又は再生できるように開発が進められている。この際、超高密度光ディスクの記録容量はディスク基板の直径が12cmの時に片面で25GB(ギガバイト)前後である。

【0007】

ところで、ディスク基板厚さが異なる3種類の光ディスクを記録又は再生する光ヘッド装置がある(例えば、特許文献1参照)。

【特許文献1】特開2003-67972号公報(第19頁、第8図)

【非特許文献1】「青色/DVD/CD互換ヘッド, MICROOPTICS NEWS Vol. 20 No. 3, 微小光学研究グループ機関誌, 2002. 9. 6」(第20~21頁、第2図、第7図)。

10

【0008】

図15は従来の光ヘッド装置の形態を示した図、

図16(a)~(c)は従来の光ヘッド装置において、3種類の光学系からの出射光を3種類の光ディスクにそれぞれ照射する状態を模式的に示した図である。

【0009】

図15に示した従来の光ヘッド装置110は、上記した特許文献1及び非特許文献1に開示されているものであり、ここでは特許文献1及び非特許文献1を参照して簡略に説明する。

【0010】

20

図15に示した如く、従来の光ヘッド装置110は、3種類の光ディスク101~103にそれぞれ対応した第1~第3光学系111~113と、第1、第2干渉フィルタ114、115と、波長選択フィルタ116と、対物レンズ117とで構成されている。

【0011】

上記した3種類の第1~第3光学系111~113は、内部に半導体レーザーと、光ディスクからの反射光を受光する光検出器をそれぞれ備えている。この際、第1光学系111内の半導体レーザーの波長は405nmであり、また、第2光学系112内の半導体レーザーの波長は650~660nm程度であり、更に、第3光学系113内の半導体レーザーの波長は780~785nm程度である。

【0012】

30

上記した第1干渉フィルタ114は、波長405nmの光を透過させ、且つ、波長650~660nmの光を反射させる働きを有する。また、第2干渉フィルタ115は、波長405nm、650~660nmの光を透過させ、且つ、波長780~785nmの光を反射させる働きを有する。

【0013】

そして、第1光学系111内の半導体レーザーからの出射光は、第1、第2干渉フィルタ114、115を順に透過し、図16(a)に示したように平行光の状態波長選択フィルタ116に入射した後に波長選択フィルタ116をそのまま透過して対物レンズ117に入射し、ディスク基板厚さ0.1mmの次世代規格の光ディスク101上に集光される。この後、光ディスク101からの反射光は、上記とは逆に戻り第1光学系111内の光検出器で受光される。

40

【0014】

また、第2光学系112内の半導体レーザーからの出射光は、第1干渉フィルタ114で反射されて第2干渉フィルタ115を透過して、図16(b)に示したように拡散光(=発散光)の状態波長選択フィルタ116に入射した後に波長選択フィルタ116で回折されて対物レンズ117に入射し、ディスク基板厚さ0.6mmのDVD規格の光ディスク102上に集光される。この後、光ディスク102からの反射光は、上記とは逆に戻り第2光学系112内の光検出器で受光される。

【0015】

また、第3光学系113内の半導体レーザーからの出射光は、第2干渉フィルタ115

50

で反射されて、図16(c)に示したように拡散光(=発散光)の状態では波長選択フィルタ116に入射した後に波長選択フィルタ116で回折されて対物レンズ117に入射し、ディスク基板厚さ1.2mmのCD規格の光ディスク103上に集光される。この後、光ディスク103からの反射光は、上記とは逆に戻り第3光学系113内の光検出器で受光される。

【0016】

上記構成による従来の光ヘッド装置110によれば、ディスク基板厚さが異なることによって発生する球面収差を波長選択フィルタ116によって補正することで、3種類の光ディスク101~103を記録又は再生できるように構成されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

ところで、上記した特許文献1及び非特許文献1に開示された従来の光ヘッド装置110において、第1~第3光学系111~113内の各半導体レーザーからの各出射光を波長選択フィルタ116、対物レンズ117に順に入射させる際に、図16(a)~(c)に示したように、第1光学系111内の半導体レーザーからの出射光は平行光の状態では波長選択フィルタ116に入射させているものの、第2、第3光学系112、113内の各半導体レーザーからの各出射光は拡散光(=発散光)の状態では波長選択フィルタ116に入射させている。ここで、拡散光を波長選択フィルタ116に入射させた場合に、拡散光の光軸が対物レンズ117の光軸に対してズレた場合に平行光よりも球面収差の悪化が著しく、且つ、平行光よりも組み立て時の光軸調整が難しい。

【0018】

また、上記した非特許文献1には、第1~第3光学系111~113を組み立てるにあたって、各光学系111~113の光軸と対物レンズ117の光軸とのズレによる対物レンズシフトを考慮する場合とか、あるいは、対物レンズシフトにより生じるコマ収差を補正する場合に、対物レンズシフト(μm)に対するRMS波面収差(λ_{rms})が図17に示したように開示されている。

【0019】

図17は従来の光ヘッド装置において、DVD及びCDに対して対物レンズシフト時の波面収差を示した図である。

【0020】

図17において、一般的には、対物レンズシフトに対して対物レンズ117の中心軸から $\pm 300\mu\text{m}$ の許容誤差が望まれるために、この範囲内でのデータが示されているが、DVD、CDとも、波面収差は対物レンズシフトがない場合には小さいものの、倍率の絶対値が大きい(入射共役長が短い)ために対物レンズシフトが大きくなると波面収差が急激に増加する。尚、上記した入射共役長とは、対物レンズとレーザー光源との間隔である(但し、対物レンズとレーザー光源との間に何ら光学素子がない場合である)。

【0021】

この場合、図示から判断すると、対物レンズシフトが略 $\pm 150\mu\text{m}$ を越えた場合に周知のマレシャルクライテリオンの $0.07\lambda_{\text{rms}}$ を超えてしまい、実用的でないことが確認できる。

【0022】

そこで、次世代規格の超高密度光ディスク(Blu-ray Disc)、DVD、CDなど3種類の光記録媒体を一つの対物レンズで記録又は再生する光ピックアップ装置において、3種類の光記録媒体と対応する第1~第3レーザー光を収差補正素子に入射させる際にできるだけ多くのレーザー光を平行光の状態では収差補正素子に入射させることが望まれていると共に、対物レンズのシフト時における波面収差を低減し、実用化レベルに達することができる光ピックアップ装置が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0023】

10

20

30

40

50

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、第1の発明は、第1光記録媒体と、前記第1光記録媒体よりも記録密度が低い第2光記録媒体と、前記第2光記録媒体よりも記録密度が低い第3光記録媒体と、前記第1～第3光記録媒体の各信号面を適宜組み合わせる一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体とを選択的に記録又は再生する光ピックアップ装置において、

前記第1光記録媒体に対応して第1レーザー光を出射させる第1レーザー光源と、
前記第2光記録媒体に対応して前記第1レーザー光よりも波長が長い第2レーザー光を出射させる第2レーザー光源と、

前記第3光記録媒体に対応して前記第2レーザー光よりも波長が長い第3レーザー光を出射させる第3レーザー光源と、

第1光記録媒体用として開口数(NA)が0.75以上に設定され、且つ、互いに対向する第1、第2面のうち少なくとも一方の面が非球面に形成されて、前記第1～第3レーザー光を前記第1～第3光記録媒体の各信号面に集光させる対物レンズ、

前記第1～第3レーザー光源側の下面に円形状の光透過性平坦部とリング状の第3レーザー光用開口制限部とを中心部から外周部に向かって順に形成し、且つ、前記対物レンズ側の上面の内周領域に回折パターン部を形成すると共にこの回折パターン部の外側を平坦に形成した収差補正素子とを少なくとも備え、

前記収差補正素子は、平行光の状態で入射させた前記第1レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第2、第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン部で回折させることなく透過させて0次光を前記対物レンズに入射させ、

また、平行光の状態で入射させた前記第2レーザー光を前記第2レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部を透過させた後に、前記回折パターン部で回折させることで前記第2レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させ、

更に、拡散光の状態で入射させた前記第3レーザー光を前記第2、第3レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を前記とは異なる所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部を透過させた後に、前記回折パターン部で前記第2レーザー光よりも拡散度を強めて回折させることで前記第3レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させることを特徴とする光ピックアップ装置である。

【0024】

また、第2の発明は、第1光記録媒体と、前記第1光記録媒体よりも記録密度が低い第2光記録媒体と、前記第2光記録媒体よりも記録密度が低い第3光記録媒体と、前記第1～第3光記録媒体の各信号面を適宜組み合わせる一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体とを選択的に記録又は再生する光ピックアップ装置において、

前記第1光記録媒体に対応して第1レーザー光を出射させる第1レーザー光源と、

前記第2光記録媒体に対応して前記第1レーザー光よりも波長が長い第2レーザー光を出射させる第2レーザー光源と、

前記第3光記録媒体に対応して前記第2レーザー光よりも波長が長い第3レーザー光を出射させる第3レーザー光源と、

第1光記録媒体用として開口数(NA)が0.75以上に設定され、且つ、互いに対向する第1、第2面のうち少なくとも一方の面が非球面に形成されて、前記第1～第3レーザー光を前記第1～第3光記録媒体の各信号面に集光させる対物レンズ、

前記第1～第3レーザー光源側の下面に円形状の光透過性平坦部とリング状の第3レーザー光用開口制限部とを中心部から外周部に向かって順に形成し、且つ、前記対物レンズ側の上面の内周領域に回折パターン部を形成すると共にこの回折パターン部の外側を平坦に形成した収差補正素子とを少なくとも備え、

前記収差補正素子は、平行光の状態で入射させた前記第1レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン部で回折させることなく透過させて0次光を前記対物レンズに入射させ、

また、平行光の状態に入射させた前記第2レーザー光を前記光透過性平坦部及び前記第3レーザー光用開口制限部をそのまま透過させた後に、前記回折パターン部内に入射した前記第2レーザー光のみを前記回折パターン部で回折させることで前記第2レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させ、更に、拡散光の状態に入射させた前記第3レーザー光を前記第3レーザー光用開口制限部で遮蔽して前記対物レンズへの開口数を所定数に制限すると共に、前記光透過性平坦部を透過させた後に、前記回折パターン部で前記第2レーザー光よりも拡散度を強めて回折させることで前記第3レーザー光に対して球面収差を補正した1次光を前記対物レンズに入射させることを特徴とする光ピックアップ装置である。

【0025】

更に、第3の発明は、上記した第1又は第2の発明の光ピックアップ装置において、前記回折パターン部を凹凸状に形成し、且つ、凹凸部の繰り返し周期を内周部から外周部に向かうにつれて徐々に狭めてリング状に形成した時に、前記回折パターン部中の凹部の深さを前記第1レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さと、前記第2レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さとの間になるように設定したことを特徴とする光ピックアップ装置である。

【発明の効果】

【0026】

本発明に係る光ピックアップ装置において、請求項1記載によると、とくに、収差補正素子に入射させる第1～第3レーザー光の光束に対して、レーザー光の光束はできるだけ拡散光よりも平行光の状態に収差補正素子に入射させることが望ましく、第1光記録媒体用の第1レーザー光と第2光記録媒体用の第2レーザー光とを平行光の状態に収差補正素子に入射させ、第3光記録媒体用の第3レーザー光のみを拡散光の状態に収差補正素子に入射させているために、第1、第2レーザー光の光軸が対物レンズの光軸に対して僅かにズレた場合でも球面収差の悪化が少なくなると共に、収差補正素子に入射させる場合に平行光の方が拡散光よりも組み立て時の光軸調整が容易となる。また、第3レーザー光を拡散光の状態に収差補正素子に入射させているものの、第2レーザー光を平行光の状態に収差補正素子に入射しているために、この時に第3レーザー光の拡散光は従来例よりも拡散度を抑えて収差補正素子に入射させることができるので、第2、第3光記録媒体に対する対物レンズシフト時の波面収差を従来例よりも向上させることができる。

【0027】

また、請求項2記載によると、上記した請求項1記載の効果と同等の効果が得られる他に、とくに、収差補正素子のうちで第1～第3レーザー光源側の下面に第3レーザー光用の開口制限部を形成し、且つ、対物レンズ側の上面に回折パターン部を形成したために、収差補正素子の一部簡素化を図ることができ、これにより収差補正素子を安価に作製することができる。

【0028】

更に、請求項3記載によると、とくに、収差補正素子の回折パターン部を凹凸状に形成した時に回折パターン部中の凹部の深さを、第1レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さと、第2レーザー光に対して略最大回折効率が得られる深さとの間になるように設定したために、例えば、波長 $\lambda_1 = 405\text{ nm}$ の第1レーザー光に対して回折効率が77%以上得られ、且つ、波長 $\lambda_2 = 660\text{ nm}$ の第2レーザー光及び波長 $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ の第3レーザー光に対して回折効率が共に37%以上得られるので、3種類の光ディスクを良好に記録又は再生できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下に本発明に係る光ピックアップ装置の一実施例を図1乃至図14を参照して詳細に説明する。

【0030】

本発明に係る光ピックアップ装置は、波長が異なる第1～第3レーザー光を用いて基板

10

20

30

40

50

厚さが異なる第1～第3光記録媒体を選択的に記録又は再生する際に、次世代光ディスク規格の第1光記録媒体（超高密度光ディスク：Blue-ray Disc）に対応して設計した一つの対物レンズと、この対物レンズを用いた時に第1～第3光記録媒体の基板厚さの異なりによって生じる球面収差を補正するための収差補正素子とを少なくとも備えたことを特徴とするものである。

【実施例】

【0031】

図1は本発明に係る光ピックアップ装置の全体構成を示した図である。

【0032】

図1に示した如く、本発明に係る光ピックアップ装置10は、波長 λ_1 が450nm以下の第1レーザー光L1により情報信号を超高密度に記録又は再生する第1光記録媒体（以下、超高密度光ディスクと記す）1と、波長 λ_2 が第1レーザー光L1の波長 λ_1 より長く650nm前後の第2レーザー光L2により情報信号を高密度に記録又は再生する第2光記録媒体（以下、DVDと記す）2と、波長 λ_3 が第2レーザー光L2の波長 λ_2 より長く780nm前後の第3レーザー光L3により情報信号を記録又は再生する第3光記録媒体（以下、CDと記す）3と、第1～第3レーザー光L1～L3のいずれかが入射するレーザービーム入射面を共通化し且つ第1～第3光記録媒体1～3の各信号面1b～3bを適宜組み合わせさせて一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体とを選択的に適用可能に開発したものである。

【0033】

尚、第1～第3光記録媒体1～3の各信号面1b～3bを適宜組み合わせさせて一体的に積層した組み合わせ型光記録媒体としては、第1光記録媒体の信号面1bと第2光記録媒体の信号面2bとの組み合わせとが、第1光記録媒体の信号面1bと第3光記録媒体の信号面3bとの組み合わせとが、第2光記録媒体の信号面2bと第3光記録媒体の信号面3bとの組み合わせとかがあり、これらの組み合わせ型光記録媒体は合計のディスク基板厚さが略1.2mmに形成されるものであるが、以下の説明では個々の光記録媒体について詳述し、組み合わせ型光記録媒体の場合はその応用であるので説明は省略する。

【0034】

また、以下の説明では、第1～第3光記録媒体1～3として、円盤状の光ディスクに適用した場合について説明するが、これに限ることなく、カード状の光記録媒体であっても良い。

【0035】

そして、上記した第1～第3光記録媒体1～3は、光ディスク駆動装置5内に回転自在に設けたスピンドルモータ6の軸に固着したターンテーブル7上に選択的に装着されるようになっている。

【0036】

ここで、上記した第1光記録媒体となる超高密度光ディスク（Blue-ray Disc）1は、次世代光ディスク規格に基づいてレーザービーム入射面1aと信号面1bとの間のディスク基板厚さ t_1 が略0.05mm～0.15mmに薄く設定されて、この上に補強板を貼り合せて合計厚さが厚く形成されており、この合計厚さは例えば略1.2mmである。

【0037】

また、上記した第2光記録媒体となるDVD（Digital Versatile Disc）2は、DVD規格に基づいてレーザービーム入射面2aと信号面2bとの間のディスク基板厚さ t_2 が超高密度光ディスク1よりも厚く略0.6mmに設定されて、この上に略0.6mmの補強板を貼り合せて合計厚さが略1.2mmに形成されている。

【0038】

また、上記した第3光記録媒体となるCD（Compact Disc）3は、CD規格に基づいてレーザービーム入射面3aと信号面3bとの間のディスク基板厚さ t_3 がDVD2よりも厚く略1.2mmに設定されている。

10

20

30

40

50

【0039】

尚、この実施例では、超高密度光ディスク1、DVD2、CD3の各ディスク基板厚さ t_1 、 t_2 、 t_3 が、例えば0.1mm、0.6mm、1.2mmにそれぞれ設定されているものとする。

【0040】

また、超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1a又はDVD2のレーザービーム入射面2aもしくはCD3のレーザービーム入射面3aの下方には、本発明に係る光ピックアップ装置10が各光ディスク1、2、3の径方向に移動自在に設けられている。

【0041】

上記した本発明に係る光ピックアップ装置10内には、超高密度光ディスク1に対応して波長 λ_1 が450nm以下の第1レーザー光L1を出射するための第1レーザー光源（以下、青色半導体レーザーと記す）11と、DVD2に対応して波長 λ_2 が650nm前後の第2レーザー光L2を出射するためにDVD用集積デバイス30内の第2レーザー光源（以下、赤色半導体レーザーと記す）31と、CD3に対応して波長 λ_3 が780nm前後の第3レーザー光L3を出射するためにCD用集積デバイス40内の第3レーザー光源（以下、赤外半導体レーザーと記す）41とが設けられている。

10

【0042】

尚、この実施例では、青色半導体レーザー11から出射される第1レーザー光L1の波長 λ_1 は例えば405nmに設定され、また、赤色半導体レーザー31から出射される第2レーザー光L2の波長 λ_2 は例えば660nmに設定され、更に、赤外半導体レーザー41から出射される第3レーザー光L3の波長 λ_3 は例えば780nmに設定されているものとする。

20

【0043】

まず、超高密度光ディスク1に対応して青色半導体レーザー11側について説明すると、青色半導体レーザー11から出射した波長 $\lambda_1=405\text{nm}$ の第1レーザー光L1は直線偏光（p偏光）の発散光であり、この発散光がコリメータレンズ12で平行光となり、第1レーザー光L1の平行光が偏光ビームスプリッタ13の偏光選択性誘電体多層膜13a（p偏光：透過、s偏光：反射）で反射されて90°方向を転じ、この後、第1レーザー光L1は第1ダイクロイックプリズム14のダイクロイック膜14a（波長 λ_1 ：透過、波長 λ_2 ：反射）を透過し、位相板15を透過して円偏光となる。この際、位相板15は波長 λ_1 の第1レーザー光L1が透過するときには $(\lambda_1)/4$ の位相差を与え、後述する波長 λ_2 の第2レーザー光L2が透過するときには $(\lambda_2)/4$ の位相差を与えるものである。

30

【0044】

また、位相板15を透過した第1レーザー光L1は、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16a（波長 λ_1 ：透過、波長 λ_2 ：透過、波長 λ_3 ：反射）を透過し、立ち上げ用の平面ミラー17で90°光線方向を転じて、この後、第1レーザー光L1の平行光をレンズホルダ20内の下方部位に収納した収差補正素子21で回折させることなく0次光をそのまま透過させた後に、更に、レンズホルダ20内の上方部位に収納した対物レンズ22に入射させ、この第1レーザー光L1を対物レンズ22で絞って得た第1レーザービームを超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1aから入射させて信号面1b上に集光している。

40

【0045】

尚、第1レーザー光L1に対する収差補正素子21の作用についての詳細は後述する。

【0046】

この際、対物レンズ22は、超高密度光ディスク用として開口数が0.75以上に設定され、且つ、互いに対向する第1、第2面22a、22bのうち少なくとも一方の面が非球面に形成されているものであるが、この実施例では開口数（NA）が0.85の単玉レンズであり、且つ、後述するように収差補正素子21側と対向する第1面22a及び各光ディスク1、2、3側と対向する第2面22bが共に非球面に形成されて、波長 $\lambda_1=4$

50

0.5 nmの第1レーザー光L1に対して無限共役で最適化されている。そして、第1レーザー光L1に対して球面収差が最小となる対物レンズ22と超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1aとの間の距離、すなわち作動距離は0.5 mmである。

【0047】

また、レンズホルダ20内の下方部位に収納した収差補正素子21と、レンズホルダ20内の上方部位に収納した対物レンズ22とは、レンズホルダ20内で光軸を合わせて一体化することによりコマ収差の発生を抑えており、本発明の要部となる収差補正素子21と対物レンズ22については、後で詳述する。

【0048】

また、レンズホルダ20の外周にはフォーカスコイル23とトラッキングコイル24とが一体的に取り付けられ、且つ、レンズホルダ20の外周に固着させた不図示の複数本のサスペンションワイヤを介してレンズホルダ20が超高密度光ディスク1、DVD2、CD3のフォーカス方向とトラッキング方向とに揺動可能に支持されている。

【0049】

そして、フォーカスコイル23とトラッキングコイル24と不図示の永久磁石とにより、収差補正素子21と対物レンズ22とがレンズホルダ20と一体となって超高密度光ディスク1のフォーカス方向とトラッキング方向とに制御されている。尚、後述するDVD2、CD3の場合にも、収差補正素子21と対物レンズ22とがレンズホルダ20と一体となってフォーカス方向とトラッキング方向とに制御されるものである。

【0050】

この後、対物レンズ22で集光した第1レーザービームによって超高密度光ディスク1の信号面1bへの再生、記録、または消去が行われる。

【0051】

更にこの後、超高密度光ディスク1の信号面1bで反射された第1レーザービームによる戻りの第1反射光は往路と反対回りの円偏光となって対物レンズ22に再入射し、この対物レンズ22により平行光となり、収差補正素子21を通過した後に平面ミラー17で90°光線方向を転じ、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16aを透過し、位相板15を透過して往路とは偏光方向が直交した直線偏光(s偏光)となり、第1ダイクロイックプリズム14のダイクロイック膜14aを透過する。この際、位相板15を透過した第1反射光は往路と偏光方向が直交した直線偏光(s偏光)であるので、偏光ビームスプリッタ13の偏光選択性誘電体多層膜13aを透過し、シリンドリカルレンズ18で収束光となり、第1光検出器19に集光する。そして、第1光検出器19で超高密度光ディスク1の信号面1bを再生した時のトラッキングエラー信号、フォーカスエラー信号、メインデータ信号を検出している。

【0052】

次に、DVD2に対応して赤色半導体レーザー31側について説明すると、赤色半導体レーザー31から出射した波長 $\lambda_2 = 660$ nmの第2レーザー光L2は直線偏光(p偏光)の発散光であり、この発散光がDVD用集積デバイス30中のホログラム素子33を通過してコリメータレンズ34で平行光となる。

【0053】

尚、上記したDVD用集積デバイス30は、赤色半導体レーザー31と、この赤色半導体レーザー31の右方に設置した第2光検出器32と、赤色半導体レーザー31及び第2光検出器32の上方に設置したホログラム素子33とを不図示の半導体基板上で一体化したものである。

【0054】

また、コリメータレンズ34を透過した第2レーザー光L2は、第1ダイクロイックプリズム14のダイクロイック膜14aで反射されて90°光線方向を転じ、位相板15を透過して円偏光となり、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16aを透過する。この後、立ち上げ用の平面ミラー17で90°光線方向を転じ、更に、第2レーザー光L2の平行光を収差補正素子21で対物レンズ22への開口数(NA)が0.6相

当となるように外周領域で開口制限させるも、内周領域で回折させた1次光によって球面収差を補正した後に、回折された1次光による拡散光が対物レンズ22に入射され、この第2レーザー光L2を対物レンズ22で絞って得た第2レーザービームをDVD2のレーザービーム入射面2aから入射させて信号面2b上に集光している。

【0055】

尚、第2レーザー光L2に対する収差補正素子21の作用についての詳細は後述する。

【0056】

この後、対物レンズ22で集光した第2レーザービームによってDVD2の信号面2bへの再生、記録、または消去が行われる。

【0057】

更にこの後、DVD2の信号面2bで反射された第2レーザービームによる戻りの第2反射光は往路と反対回りの円偏光となって対物レンズ22に入射し、1次光の第2反射光が対物レンズ22により収束光となり、更に、収差補正素子21により平行光となった後に平面ミラー17で90°光線方向を転じ、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16aを透過して、位相板15を透過後に往路とは反対の直線偏光(s偏光)となって、第1ダイクロイックプリズム14のダイクロイック膜14aで反射されて90°光線方向を転じ、コリメータレンズ34で収束光となり、DVD用集積デバイス30中のホログラム素子33によって回折し、第2光検出器32に集光する。そして、第2光検出器32でDVD2の信号面2bを再生した時のトラッキングエラー信号、フォーカスエラー信号、メインデータ信号を検出している。

【0058】

この際、赤色半導体レーザー31とDVD2の信号面2bとの間の光軸上に配置された集光光学系によって発生する球面収差を収差補正素子21で補正しているが、この球面収差が最小となった時に、対物レンズ22とDVD2のレーザービーム入射面2aとの間の距離、すなわち作動距離は0.35mm程度である。

【0059】

上記説明したように、DVD2側では無偏光光学系であるが、往路と直交した直線偏光となるので、赤色半導体レーザー31への第2反射光が与える影響はほとんどない。

【0060】

次に、CD3に対応して赤外半導体レーザー41側について説明すると、赤外半導体レーザー41から出射した波長 $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ の第3レーザー光L3は直線偏光(p偏光)の発散光であり、この発散光がCD用集積デバイス40中のホログラム素子43を通過してコリメータレンズ44で平行光となる。

【0061】

尚、上記したCD用集積デバイス40は、上記したDVD用集積デバイス30と略同様な構成であり、赤外半導体レーザー41と、この赤色半導体レーザー41の右方に設置した第3光検出器42と、赤外半導体レーザー41及び第3光検出器42の上方に設置したホログラム素子43とを不図示の半導体基板上で一体化したものである。

【0062】

また、コリメータレンズ44を透過した第3レーザー光L3は、凹レンズ45を透過して拡散光とされ、位相板46を透過して円偏光となり、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16aで反射されて90°光線方向を転ずる。位相板46は波長 λ_3 の第3レーザー光L3が透過するときに $(\lambda_3)/4$ の位相差を与えるものである。この後、立ち上げ用の平面ミラー17で90°光線方向を転じ、更に、第3レーザー光L3の拡散光を収差補正素子21で対物レンズ22への開口数(NA)が0.45相当となるように外周領域で開口制限させるも、内周領域で第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折させた1次光によって球面収差を補正した後に、第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折された1次光による拡散光が対物レンズ22に入射され、この第3レーザー光L3を対物レンズ22で絞って得た第3レーザービームをCD3のレーザービーム入射面3aから入射させて信号面3b上に集光している。

10

20

30

40

50

【0063】

尚、第3レーザ光L3に対する収差補正素子21の作用についての詳細は後述する。

【0064】

この後、対物レンズ22で集光した第3レーザビームによってCD3の信号面3bへの再生、記録、または消去が行われる。

【0065】

更にこの後、CD3の信号面3bで反射された第3レーザビームによる戻りの第3反射光は往路と反対回りの円偏光となって対物レンズ22に入射し、1次光の第3反射光が対物レンズ22と収差補正素子21とにより収束光となり、平面ミラー17で90°光線方向を転じ、第2ダイクロイックプリズム16のダイクロイック膜16aで反射されて、位相板46を透過後に往路とは反対の直線偏光(s偏光)となり、凹レンズ45により平行光となって、コリメータレンズ44で収束光となり、CD用集積デバイス40中のホログラム素子43によって回折し、第3光検出器42に集光する。そして、第3光検出器42でCD3の信号面3bを再生した時のトラッキングエラー信号、フォーカスエラー信号、メインデータ信号を検出している。

【0066】

この際、赤外半導体レーザー41とCD3の信号面3bとの間の光軸上に配置された集光光学系によって発生する球面収差を凹レンズ45による有限補正と収差補正素子21による波面補正とで併せて補正しているが、この球面収差が最小となった時に、対物レンズ22とCD3のレーザビーム入射面3aとの間の距離、すなわち作動距離は0.14mm程度である。

【0067】

上記説明したように、CD3側でも無偏光光学系であるが、往路と直交した直線偏光となるので、赤外半導体レーザー41への第3反射光が与える影響はほとんどない。

【0068】

ここで、実施例の要部となる収差補正素子21と対物レンズ22とについて図2～図10を用いて順に説明する。

【0069】

図2(a)～(c)は図1に示した実施例における収差補正素子の作製方法1を説明するための工程図、

図3(a)～(f)は図1に示した実施例における収差補正素子の作製方法2を説明するための工程図、

図4は図1に示した実施例における収差補正素子を説明するための図であり、(a)は上面図、(b)は正面図、(c)は凹凸状回折パターン部の凹凸形状図、

図5は超高密度光ディスク用として無限共役に最適化された対物レンズを用いて、超高密度光ディスク、DVD、CDを記録又は再生する場合を拡大して示した図、

図6は図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、超高密度光ディスクを記録又は再生する場合を模式的に示した図、

図7は図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、DVDを記録又は再生する場合を説明するための光線図、

図8は図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、CDを記録又は再生する場合を説明するための光線図、

図9は図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、DVD、CDを記録又は再生した時に、DVD、CDに対して対物レンズシフト時の最良像面での波面収差を示した図、

図10は図4に示した収差補正素子に、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の第1～第3レーザ光が入射した時の各回折効率と、凹凸状回折パターン部中の凹部の深さとの関係を示した図である。

【0070】

本発明の要部となる収差補正素子21を作製する場合には、図2(a)～(c)に示した作製方法1と、図3(a)～(f)に示した作製方法2のいずれかの方法を用いている

〔0071〕

まず、収差補正素子 21 の作製方法 1 を説明すると、図 2 (a) に示した露光工程では、後述する収差補正素子 21 の凹凸状回折パターン部に対応したマスクを電子線描画装置により作製し、このマスクを例えば光透過性を有する石英基板上に成膜したレジストと対向させ、マスクの上方から UV 光を照射して、マスクの開口孔を通った UV 光でレジストを露光する。次に、図 2 (b) に示した現像工程では、UV 光で露光したレジスト部位を除去して石英基板の一部を露出させると共に、石英基板上で UV 光を露光していないレジスト部位を残す。次に、図 2 (c) に示したエッチング/レジスト除去工程では、石英基板を露出させた部位をエッチング液を用いてエッチングし、この後、石英基板上に残ったレジストを除去すると、石英基板上に凹凸状回折パターン部が形成され、石英基板を用いた収差補正素子 21 が作製される。この際、1 枚の石英基板で多数個の収差補正素子 21 を作製できるようにマスクを予め作製し、エッチング/レジスト除去工程が終了した段階で石英基板から多数個の収差補正素子 21 をカッティングすれば、1 枚の石英基板で多数個の収差補正素子 21 が作製でき、収差補正素子 21 のコストを抑えることができる。

〔0072〕

一方、収差補正素子 21 の作製方法 2 を説明すると、光透過性を有する石英基板に代えて不透明な Si 基板を用いて、図 3 (a) ~ (c) までの工程は上記した図 2 (a) ~ (c) ままでと同じ工程を経て、Si 基板上に凹凸状回折パターン部を形成する。この後、図 3 (d) に示したスタンプ作製工程では、電鍍加工により凹凸状回折パターン部を反転させたニッケルスタンプを作製する。次に、図 3 (e) に示した転写工程では、ニッケルスタンプを用いて成形加工により溶融した透明樹脂にニッケルスタンプの凹凸状回折パターン部を転写する。次に、図 3 (f) に示したスタンプ剥離工程では、透明樹脂からニッケルスタンプを剥離すると、Si 基板上に形成した凹凸状回折パターン部と同じ凹凸状回折パターン部が形成され、透明樹脂材を用いた収差補正素子 21 を何回も繰り返し成形することができ、材料費が安価な透明樹脂材を用いて収差補正素子 21 のコストを更に抑えることができる。

〔0073〕

そして、実施例では、上記の作製方法 1 を適用し、硝材として図 2 に示した石英基板を用いずに、例えば厚さが 0.925 mm の BK7 (ホウケイ酸クラウンガラス) を用いて収差補正素子 21 を下記の図 4 (a) ~ (c) に示した形状で作製している。

〔0074〕

即ち、図 4 (a), (b) に示した如く、実施例における収差補正素子 21 は、光透過性を有する厚さ 0.925 mm の BK7 (ホウケイ酸クラウンガラス) を用いて、外形形状を 5 mm 角の正方形に形成し、且つ、対物レンズ 22 (図 1) と対向する上面 21 a 側で中心“O”を中心にした直径 $\phi 2.6$ mm の内周領域内に凹凸状回折パターン部 21 a 1 が形成されていると共に、この凹凸状回折パターン部 21 a 1 の外周に隣接した外周領域は凹凸状回折パターン部が形成されていない平坦な上面 21 a となっている。

〔0075〕

また、図 4 (c) に示した如く、収差補正素子 21 の上面 21 a に形成した凸状回折パターン部 21 a 1 は、凹凸部が径方向に複数本リング状に形成され、且つ、凹凸部の繰り返し周期 T が内周部から外周部に向かうにつれて徐々に狭めて形成されている。

〔0076〕

図 4 (a), (b) に戻り、収差補正素子 21 の下面 21 b 側には、上記した凹凸状回折パターン部 21 a 1 と対向して光透過性平坦部 21 b 1 が中心“O”を中心にして直径 $\phi 2.18$ mm 以内の内周領域に円形状に形成され、且つ、光透過性平坦部 21 b 1 の外周に隣接して直径 $\phi 2.18$ mm 以上で直径 $\phi 2.6$ mm 以下の外周領域内に第 3 レーザ光 3 に対して対物レンズ 22 への開口数を制限する第 3 レーザ光用開口制限部 21 b 2 がダイクロイック膜を用いてリング状に成膜されており、更に、第 3 レーザ光用開口制限部 21 b 2 の外周に隣接して直径 $\phi 2.6$ mm 以上で直径 $\phi 3.74$ mm 以下の外

周領域内に第2レーザー光L2に対して対物レンズ22への開口数を制限する第2レーザー光用開口制限部21b3がダイクロイック膜を用いてリング状に成膜されている。

【0077】

この際、収差補正素子21の下面21bに形成した第3レーザー光用開口制限部21b2は、波長選択性を有するダイクロイック膜により青色半導体レーザー11（図1）から出射した波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm} \pm 8 \text{ nm}$ の第1レーザー光L1を透過し、且つ、赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ の第2レーザー光L2を透過する一方、赤外半導体レーザー41（図1）から出射した波長 $\lambda_3 = 780 \pm 10 \text{ nm}$ の第3レーザー光L3を遮蔽する特性を有している。

【0078】

また、収差補正素子21の下面21bに形成した第2レーザー光用開口制限部21b3は、波長選択性を有するダイクロイック膜により青色半導体レーザー11（図1）から出射した波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm} \pm 8 \text{ nm}$ の第1レーザー光L1を透過する一方、赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ の第2レーザー光L2を遮蔽し、且つ、赤外半導体レーザー41（図1）から出射した波長 $\lambda_3 = 780 \pm 10 \text{ nm}$ の第3レーザー光L3を遮蔽する特性を有している。

【0079】

尚、収差補正素子21の下面21bに形成した第3レーザー光用開口制限部21b2及び第2レーザー光用開口制限部21b3として波長選択性を有するダイクロイック膜を成膜せず、これらに代えて同様の性能を有し、且つ、凹凸状回折パターン部21a1とは凹凸寸法が異なる凹凸状の回折格子を外周領域にリング状に形成しても良い。

【0080】

更に、収差補正素子21の上面21a及び下面21bに、反射率が0.5%以下の反射防止膜（図示せず）を成膜することで光透過率が98%以上になっている。

【0081】

従って、収差補正素子21は、第1～第3レーザー光源11, 31, 41側の下面21bに円形状の光透過性平坦部21b1と、リング状の第3レーザー光用開口制限部21b2と、リング状の第2レーザー光用開口制限部21b3とを中心部から外周部に向かって順に形成し、且つ、対物レンズ22側の上面21aの内周領域に回折パターン部21a1を形成すると共にこの回折パターン部21a1の外側を平坦に形成している。

【0082】

この際、収差補正素子21の硝材にBK7（ホウケイ酸クラウンガラス）を用いた場合には、青色半導体レーザー11（図1）から出射した波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の第1レーザー光L1に対する屈折率N1は1.5302であり、また、赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ の第2レーザー光L2に対する屈折率N2は1.5142であり、更に、赤外半導体レーザー41から出射した波長 $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ の第3レーザー光L3に対する屈折率N3は1.5112である。

【0083】

また、図4（c）に示した如く、収差補正素子21の上面21aの内周領域において、段差が1段の凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdは、青色半導体レーザー11（図1）から出射した波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の第1レーザー光L1に対して回折作用が発生しないように下記の数1から求めると、全く回折せずに第1レーザー光L1の0次光をそのまま透過するようになっている。即ち、凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが位相差 2π の整数倍の時、0次回折効率が100%となる。

【数1】

$$d = \frac{(\lambda_1) \times k}{(N_1) - 1}$$

但し、 d は凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ

λ_1 は第1レーザー光L1の波長

N_1 は第1レーザー光L1に対する収差補正素子21の屈折率

k は自然数

【0084】

上記した数1中で自然数 k を $k=1$ とした場合に、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ d は $0.763\mu\text{m}$ となっている。

【0085】

更に、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1は、後述するように赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2=660\text{nm}$ の第2レーザー光L2の平行光を回折させて得た1次光を対物レンズ22を介してDVD2に照射した時に、DVD2（図1）の信号面2b上で第2レーザー光L2のスポットが開口数（NA） $=0.6$ 相当になり、第2レーザー光L2の1次光の球面収差が最小となるように下記の数2に示した位相差関数 $\Phi(x)$ により凹凸状回折パターン部21a1の中心“O”からの半径方向の距離 x における位相差が求まり、その位相差を2値化することによって半径方向の凹凸形状が決定する。

20

【数2】

$$\Phi(x) = \frac{2\pi m}{(\lambda_2)} \times (A_2x^2 + A_4x^4 + A_6x^6 + A_8x^8 + A_{10}x^{10})$$

但し、 $\Phi(x)$ は位相差関数

m は回折次数

$A_2 \sim A_{10}$ は2次から10次の位相差関数係数

x は凹凸状回折パターン部21a1の中心“O”から半径方向の距離

λ_2 は第2レーザー光L2の波長

【0086】

上記した数2において、位相差関数 $\Phi(x)$ 中の位相差関数係数 $A_2 \sim A_{10}$ の一例を下記の表1に示す。

【表1】

A_2	102.632072
A_4	-6.671030
A_6	2.521836
A_8	-1.137079

【0087】

次に、図5に示した如く、実施例の要部となる対物レンズ22は、超高密度光ディスク用として設計されたものであり、硝材として例えばNBF1（HOYA製光学ガラス）を用いて、収差補正素子21と対向する第1面22a側を非球面に形成すると共に、超高密度光ディスク1、DVD2、CD3と対向する第2面22b側も非球面に形成している。

【0088】

この際、対物レンズ22の第2面22bと超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1aとの間の作動距離WD1は0.5mm程度であり、また、対物レンズ22の第2面22bとDVD2のレーザービーム入射面2aとの間の作動距離WD2は0.35mm程度であり、更に、対物レンズ22の第2面22bとCD3のレーザービーム入射面3aとの間の作動距離WD3は0.14mm程度である。

20

【0089】

そして、対物レンズ22の硝材にNBF1（HOYA製光学ガラス）を用いた場合には、青色半導体レーザー11（図1）から出射した波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ の第1レーザー光L1に対する屈折率N4は1.768985であり、また、赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660\text{nm}$ の第2レーザー光L2に対する屈折率N5は1.738532であり、更に、赤外半導体レーザー41（図1）から出射した波長 $\lambda_3 = 780\text{nm}$ の第3レーザー光L3に対する屈折率N6は1.73317504である。

【0090】

ここで、波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ の第1レーザー光L1により超高密度光ディスク1を記録又は再生するように無限共役で最適に設計した対物レンズ22の仕様を下記の表2に示す。

30

【表2】

設計波長	405nm
開口数(NA)	0.85
焦点距離	2.20mm
入射瞳直径	3.74mm
倍率	0倍

【0091】

この表2から、青色半導体レーザー11（図1）から出射した第1レーザー光L1の設計波長 λ_1 を例えば405nmに設定し、且つ、対物レンズ22は開口数（NA）が0.85のものを使用する。

【0092】

次に、対物レンズ22の第1面22a及び第2面22bを非球面に形成する際、下記す

50

る数 3 の多項式を用いて非球面を表すものとする。

【数 3】

$$Z = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)C^2h^2}} + B_4h^4 + B_6h^6 + B_8h^8 + B_{10}h^{10} + B_{12}h^{12}$$

但し、Zは対物レンズ22の第1面22a又は第2面22bの頂点からの距離

Cは第1面22a又は第2面22bの曲率(曲率半径分の1)

hは対物レンズ22の光軸からの高さ

Kはコーニック定数

$B_4 \sim B_{12}$ は4次から12次の非球面係数

【0093】

上記した数 3 の多項式を用いた時に、対物レンズ 2 2 の第 1 面 2 2 a を非球面に形成するための非球面係数 $B_4 \sim B_{12}$ の一例を下記の表 3 に示す。

【表 3】

B_4	-0.00092006967
B_6	-0.00025706693
B_8	-0.00057872391
B_{10}	0.0002222827
B_{12}	-5.678923×10^{-5}

【0094】

また、上記した数 3 の多項式を用いた時に、対物レンズ 2 2 の第 2 面 2 2 b を非球面に形成するための非球面係数 $B_4 \sim B_{10}$ の一例を下記の表 4 に示す。

【表 4】

B_4	0.61448774
B_6	-0.1395629
B_8	0.12867014
B_{10}	-0.043733069

【0095】

更に、図 4 に示した収差補正素子 2 1 と、図 5 に示した対物レンズ 2 2 とをレンズホルダ 2 0 内に収納した時に、超高密度光ディスク 1、DVD 2、CD 3 に対する各光学面関係についてそれぞれ下記の表 5、表 6、表 7 に順に示す。

【表 5】

光学面形成部材	面形状	半径 [mm]	面間隔 [mm]	材料	コーニック定数
空間	—	—	∞ (平行光)	—	—
収差補正素子	—	—	0.925	BK7	—
空間	—	—	4.0	—	—
対物レンズ(第1面)	非球面	1.812171	3.104	NBF1	-0.337179
対物レンズ(第2面)	非球面	-6.507584	—	—	-845.651577
空間	—	—	0.5	—	—
超高密度ディスク	—	—	0.1	ポリカーボネート	—

【0096】

【表 6】

光学面形成部材	面形状	半径 [mm]	面間隔 [mm]	材料	コーニック定数
空間	—	—	∞ (平行光)	—	—
収差補正素子	—	—	0.925	BK7	—
空間	—	—	4.0	—	—
対物レンズ(第1面)	非球面	1.812171	3.104	NBF1	-0.337179
対物レンズ(第2面)	非球面	-6.507584	—	—	-845.651577
空間	—	—	0.35	—	—
DVD	—	—	0.6	ポリカーボネート	—

【0097】

【表 7】

光学面形成部材	面形状	半径 [mm]	面間隔 [mm]	材料	コーニック定数
空間	—	—	31.8(拡散光)	—	—
収差補正素子	—	—	0.925	BK7	—
空間	—	—	4.0	—	—
対物レンズ(第1面)	非球面	1.812171	3.104	NBF1	-0.337179
対物レンズ(第2面)	非球面	-6.507584	—	—	-845.651577
空間	—	—	0.14	—	—
CD	—	—	1.2	ポリカーボネート	—

【0098】

上記した表 5～表 7 から、収差補正素子 21 の厚さは 0.925 mm であり、収差補正素子 21 と対物レンズ 22 との間の空間は 4.0 mm である。また、対物レンズ 22 の第 1 面 22 a の頂点における曲率半径は 1.812171 mm であり、第 2 面 22 b の頂点における曲率半径は -6.507584 mm であり、対物レンズ 22 のレンズ厚さが 3.104 mm である。

【0099】

次に、図 4 に示した収差補正素子 21 と、図 5 に示した対物レンズ 22 とをレンズホルダ 20 内に収納した状態で、超高密度光ディスク 1、DVD 2、CD 3 を記録又は再生する場合について図 6～図 8 を用いて順に説明する。

【0100】

ここで、図 6 に示した如く、レンズホルダ 20 内に収納した収差補正素子 21 と対物レ

レンズ 22 とにより超高密度光ディスク 1 を記録又は再生する場合に、対物レンズ 22 の第 2 面 22 b と超高密度光ディスク 1 のレーザービーム入射面 1 a との間で作動距離 WD 1 が 0.5 mm 程度に設定されている状態で青色半導体レーザー 11 (図 1) から出射した波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の第 1 レーザー光 L1 をコリメータレンズ 12 (図 1) で平行光にし、この平行光を収差補正素子 21 の下面 21 b の内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部 21 b 1 と、この光透過性平坦部 21 b 1 の外側にダイクロイック膜を用いてリング状に順に成膜した第 3 レーザー光用開口制限部 21 b 2 及び第 2 レーザー光用開口制限部 21 b 3 とをそのまま透過させ、更に、この平行光を収差補正素子 21 の上面 21 a の内周領域に形成した凹凸状回折パターン部 21 a 1 で回折させずに 0 次光をそのまま透過させ、平行光のままに対物レンズ 22 の第 1 面 22 a に入射させている。

10

【0101】

そして、対物レンズ 22 の第 1, 第 2 面 22 a, 22 b で絞った第 1 レーザービームを超高密度光ディスク 1 のレーザービーム入射面 1 a から入射させてディスク基板厚さが 0.1 mm の信号面 1 b 上に集光している。

【0102】

この場合には、波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の第 1 レーザー光 L1 に対して収差補正素子 21 の上面 21 a に形成した凹凸状回折パターン部 21 a 1 で回折が生じないため、収差補正素子 21 での反射並びに吸収以外の光量損失がなく、前記したように凹凸状回折パターン部 21 a 1 中の凹部の深さ d が 0.763 μm に形成されている場合に、0 次光の回折効率は 100 % である。現時点では、波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の青色半導体レーザー 11 (図 1) の出力が低いこと、実施例の光ピックアップ装置 10 の各光学部品においては、光量損失が少ないことが必須となっている。

20

【0103】

次に、図 7 に示した如く、レンズホルダ 20 内に収納した収差補正素子 21 と対物レンズ 22 とにより DVD 2 を記録又は再生する場合に、対物レンズ 22 の第 2 面 22 b と DVD 2 のレーザービーム入射面 2 a との間で作動距離 WD 2 が 0.35 mm 程度に設定されている状態で赤色半導体レーザー 31 (図 1) から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ の第 2 レーザー光 L2 をコリメータレンズ 34 (図 1) で平行光にし、この平行光を収差補正素子 21 の下面 21 b の外周領域にダイクロイック膜を用いてリング状に成膜した第 2 レーザー光用開口制限部 21 b 3 で遮蔽して対物レンズ 22 への開口数 (NA) が 0.6 相当となるように開口制限されるも、収差補正素子 21 の下面 21 b の内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部 21 b 1 及びこの光透過性平坦部 21 b 1 の外側にダイクロイック膜を用いてリング状に成膜した第 3 レーザー光用開口制限部 21 b 2 を透過させ、更に、この平行光を収差補正素子 21 の上面 21 a の内周領域に形成した凹凸状回折パターン部 21 a 1 で回折させた 1 次光によって球面収差を補正して凹凸状回折パターン部 21 a 1 を透過させ、回折させて得た 1 次光による拡散光を対物レンズ 22 の第 1 面 22 a に入射させている。

30

【0104】

そして、対物レンズ 22 の第 1, 第 2 面 22 a, 22 b で絞った第 2 レーザービームを DVD 2 のレーザービーム入射面 2 a から入射させてディスク基板厚さが 0.6 mm の信号面 2 b 上に集光している。

40

【0105】

この場合、対物レンズ 22 は超高密度光ディスク用として設計されているので、赤色半導体レーザー 31 (図 1) から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ の第 2 レーザー光 L2 に対して球面収差が大きくなるものの、収差補正素子 21 の上面 21 a に形成した凹凸状回折パターン部 21 a 1 で第 2 レーザー光 L2 に対して波面補正を行うことによって球面収差を補正しているため、DVD 2 への記録又は再生に支障をきたさない。

【0106】

更に、図 8 に示した如く、レンズホルダ 20 内に収納した収差補正素子 21 と対物レンズ 22 とにより CD 3 を記録又は再生する場合に、対物レンズ 22 の第 2 面 22 b と CD

50

3のレーザービーム入射面3aとの間で作動距離WD3が0.14mm程度に設定されている状態で赤外半導体レーザー41(図1)から出射した波長 $\lambda_3=780\text{nm}$ の第3レーザー光L3をコリメータレンズ44(図1)で平行光とし、さらに凹レンズ45(図1)によって拡散光にし、この拡散光を収差補正素子21の下面21bの外周領域にダイクロイック膜を用いてリング状に順に成膜した第3レーザー光用開口制限部21b2及び第2レーザー光用開口制限部21b3で遮蔽して対物レンズ22への開口数(NA)が0.45相当となるように開口制限されるも、収差補正素子21の下面21bの内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部21b1を透過させ、更に、この拡散光を収差補正素子21の上面21aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21a1で第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折させた1次光によって球面収差を補正して凹凸状回折パターン部21a1を透過させ、第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折させて得た1次光による拡散光を対物レンズ22の第1面22aに入射させている。

10

【0107】

そして、対物レンズ22の第1、第2面22a、22bで絞った第3レーザービームをCD3のレーザービーム入射面3aから入射させてディスク基板厚さが1.2mmの信号面3b上に集光している。

【0108】

この場合、対物レンズ22は超高密度光ディスク用として設計されているので、赤外半導体レーザー41(図1)から出射した波長 $\lambda_3=780\text{nm}$ の第3レーザー光L3に対して球面収差が大きくなるものの、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1の周期T{図4(c)}が第2レーザービームに対して最適設計されているので、この凹凸状回折パターン部21a1によって第3レーザー光L3に対して波面補正を行って球面収差を補正し、更に不足する球面収差補正量に対して凹レンズ45(図1)を用いて拡散光とした第3レーザー光L3を収差補正素子21に入射する際に有限補正を行って、波面補正と有限補正とを併せて球面収差を補正しているため、CD3への記録又は再生に支障をきたさない。

20

【0109】

上記から本発明の光ピックアップ装置10では、収差補正素子21に入射させる第1～第3レーザー光L1～L3の光束に対して、先に発明が解決しようとする課題でも述べたように、レーザー光の光束はできるだけ拡散光よりも平行光の状態に収差補正素子21に入射させることが望ましく、この実施例では超高密度光ディスク用の第1レーザー光L1とDVD用の第2レーザー光L2とを平行光の状態に収差補正素子21に入射させ、CD用の第3レーザー光L3のみを拡散光の状態に収差補正素子21に入射させているために、第1、第2レーザー光L1、L2の光軸が対物レンズ22の光軸に対して僅かにズレた場合でも球面収差の悪化が少なくなると共に、収差補正素子21に入射させる場合に平行光の方が拡散光よりも組み立て時の光軸調整が容易となる。

30

【0110】

また、第3レーザー光L3を拡散光の状態に収差補正素子21に入射させているものの、第2レーザー光L2を平行光の状態に収差補正素子21に入射しているために、この時に第3レーザー光L3の拡散光は従来例よりも拡散度を抑えて(入射共役長を長くして)収差補正素子21に入射させることができるので、下記するようにDVD2、CD3に対する対物レンズシフト時の波面収差を従来例よりも向上させることができる。

40

【0111】

ここで、先に発明が解決しようとする課題で述べたように、図1に示した光ピックアップ装置10を組み立てる際に、3種類の光学系の光軸と対物レンズ22の光軸とのズレによる対物レンズシフト量が重要であることから、図9には、光ピックアップ装置10内で対物レンズ22のシフト量の許容範囲を $\pm 300\mu\text{m}$ 以内として対物レンズ22を $100\mu\text{m}$ 間隔でシフトした時の、DVD2、CD3に対するそれぞれの波面収差を示している。

【0112】

50

図9から、DVD2、CD3ともに対物レンズシフト時の波面収差は、マレシャルクライテリオンの 0.07λ rms以下である。この実施例では、DVD2を記録又は再生する場合に、波長 λ_2 が660nmである第2レーザー光L2を収差補正素子21に平行光の状態に入射させることにより対物レンズシフト時の波面収差が良好になっている。また、CD3を記録又は再生する場合に、波長 λ_3 が780nmである第3レーザー光L3を収差補正素子21に拡散光の状態に入射させているものの、DVD2の場合に収差補正素子21に対して平行光を入射できるように設計していることから、CD3の場合に収差補正素子21に対する拡散光の入射角度を小さく（入射共役長が長い）することができるので、CD3での対物レンズシフトの波面収差が良好になっている。

【0113】

10

ここで、レンズホルダ20内に収納した収差補正素子21と対物レンズ22とにより超高密度光ディスク1、DVD2、CD3を選択的に記録又は再生する場合に、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹凸部の周期T（図4（c））が波長に比べて十分大きく、薄い素子とみなせる時に、凹凸状回折パターン部21a1を透過した後のm次回折効率 η_m はスカラー理論を用いて、下記の数4で表される。

【数4】

$$\eta_m = \left| \frac{1}{T} \int_0^T \exp[j\Phi(x)] \exp(-j \frac{2\pi mx}{T}) dx \right|^2$$

但し、 η_m はm次回折効率

Tは凹凸状回折パターン部21a1中の凹凸部の周期

$\Phi(x)$ は位相差関数

mは回折次数

【0114】

30

この際、数4中の凹凸状回折パターン部21a1中の凹凸部の周期Tは、計算を容易にするために一定な値として計算しているものであるが、前述したように凹凸状回折パターン部21a1中の凹凸部の周期Tは内周部から外周部に向かうにつれて徐々に狭めて形成されている。

【0115】

次に、図10は超高密度光ディスク用である波長 $\lambda_1 = 405$ nmの第1レーザー光L1と、DVD用である波長 $\lambda_2 = 660$ nmの第2レーザー光L2と、CD用である波長 $\lambda_3 = 780$ nmの第3レーザー光L3を収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1に入射させた時に、第1レーザー光L1の0次光の回折効率と、第2レーザー光L2の1次光の回折効率と、第3レーザー光L3の1次光の回折効率とを上記した数4を用いて算出した結果を表している。

40

【0116】

ここで、前述したように、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ $d = 0.763 \mu\text{m}$ は、超高密度光ディスク用である波長 $\lambda_1 = 405$ nmの第1レーザー光L1に対応して設計した値であり、この凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが $0.763 \mu\text{m}$ （波長 λ_1 に対して、位相差 2π ）である時に第1レーザー光L1の0次光の回折効率は図10中のQ線上で100%となる。

【0117】

一方、凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが $0.763 \mu\text{m}$ である時に、DVD用である波長 $\lambda_2 = 660$ nmの第2レーザー光L2に対する1次光の回折効率は37.1%となり、また、CD用である波長 $\lambda_3 = 780$ nmの第3レーザー光L3に対

50

する1次光の回折効率は40.5%となり、この40.5%の値は第3レーザー光L3に対して最大回折効率となる。

【0118】

上記に対して、DVD用である波長 $\lambda_2 = 660\text{ nm}$ の第2レーザー光L2に対する1次光の回折効率が最大となる条件を求めると、図10中のP線上で凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが $0.642\text{ }\mu\text{ m}$ となり、この時に第2レーザー光L2に対する1次光の最大回折効率は40.5%である。一方、凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが $0.642\text{ }\mu\text{ m}$ である時には、超高密度光ディスク用である波長 $\lambda_1 = 405\text{ nm}$ の第1レーザー光L1に対する0次光の回折効率は77.2%となり、また、CD用である $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ の第3レーザービームに対する1次光の回折効率は38.1%となる。

10

【0119】

上記から超高密度光ディスク1と、DVD2と、CD3とを記録又は再生するシステムが成立するためには、波長 $\lambda_1 = 405\text{ nm}$ の第1レーザー光L1と、波長 $\lambda_2 = 660\text{ nm}$ の第2レーザー光L2と、波長 $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ の第3レーザー光L3とに対して共に、収差補正素子21上での高い回折効率が得られることが望ましい。この際、DVD用となる波長 λ_2 が 660 nm 程度の赤色半導体レーザー31（図1）は高出力のものが量産できるようになってきているとはいふものの、少しでも高い回折効率が望ましい。一方、超高密度光ディスク用となる波長 λ_1 が 405 nm 程度の青色半導体レーザー11（図1）は低出力ではあるが、100%の回折効率が必須ではなく、多少の回折効率の低下は許容される。例えば、超高密度光ディスク1での回折効率は70%以上を確保しつつ、若干の犠牲を払い、DVD2、CD3で最大回折効率に近く、高い回折効率を保った、バランスのとれた設計が求められる。

20

【0120】

上記条件を考慮すると、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdは、第1レーザー光L1に対して略最大回折効率が得られる深さと、第2レーザー光L2に対して略最大回折効率が得られる深さとの間（図10中のP線とQ線とに挟まれた区間）になるように設定すると、波長 $\lambda_1 = 405\text{ nm}$ の第1レーザー光L1に対して回折効率が77%以上得られ、且つ、波長 $\lambda_2 = 660\text{ nm}$ の第2レーザー光L2及び波長 $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ の第3レーザー光L3に対して回折効率が共に37%以上得られる。

30

【0121】

この際、半導体プロセスを適用して収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdをエッチング処理で形成する際にエッチング精度により 10 nm 程度の深さ誤差が生じるが、図10中のP線とQ線とに挟まれた区間（波長 λ_1 に対して、位相差 1.68π から 2π の範囲）であれば、凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが設計値から多少ずれた場合であっても、共に高い回折効率が確保できる。

【0122】

更に、収差補正素子21の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1は、段差が1段の凹凸構造であるので、第2レーザー光L2の1次光と対称に-1次光や高次光が発生するが、第2レーザー光L2の1次光以外の回折光はDVD2の信号面2b上には結像しないので、影響はほとんどない。

40

【0123】

尚、一般的に、波長 λ_i の第iレーザー光L_iに対して、n値化した（凹凸段差がn-1段）凹凸状回折パターン部21a1中の凹部全体の深さd_iは、下記の数5の関係を満たす時、1次回折効率が最大となる。

【数5】

$$d_i = \frac{n-1}{n} \times \frac{\lambda_i}{N_i-1} \times k$$

但し、 n は2以上の自然数 d_i は波長 λ_i の1次光の回折効率が

最大となる凹凸状回折パターン部21a1中の凹部全体の深さ

 λ_i は第 i レーザー光 L_i の波長 N_i は第 i レーザー光 L_i に対する収差補正素子21の屈折率 k は自然数

【0124】

また、上記した数5において、 $n=2$ の場合に対応して波長 λ_2 の第2レーザー光 L_2 に対して収差補正素子21の屈折率が N_2 で、且つ、1次光の回折効率が最大となる図10中のP線と対応した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ d_p は下記の数6で表される。

20

【数6】

$$d_p = \frac{1}{2} \times \frac{(\lambda_2)}{(N_2)-1}$$

【0125】

更に、前記した数1において、波長 λ_1 の第1レーザー光 L_1 に対して収差補正素子21の屈折率が N_1 で、且つ、0次光の回折効率が最大となる図10中のQ線と対応した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ d_q は下記の数7で表される。

30

【数7】

$$d_q = \frac{(\lambda_1)}{(N_1)-1}$$

【0126】

ここで、第1レーザー光 L_1 の波長 λ_1 の範囲を403nm以上415nm以下とし、且つ、第2レーザー光 L_2 の波長 λ_2 の範囲を640nm以上660nm以下とすると、それぞれの最大回折効率が得られる凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さ d_p 、 d_q は下記の表8のように表される。

【表8】

屈折率 N1	屈折率 N2	dq [μ m]		dp [μ m]	
		$\lambda_1=403\text{nm}$	$\lambda_1=415\text{nm}$	$\lambda_2=640\text{nm}$	$\lambda_2=660\text{nm}$
1.4	1.39	1.008	1.038	0.821	0.846
1.5	1.49	0.806	0.830	0.653	0.673
1.6	1.59	0.672	0.692	0.542	0.559
1.7	1.69	0.576	0.593	0.464	0.478

【0127】

表8において、例えば、収差補正素子21の硝材の屈折率が波長 $\lambda_1=403\text{nm}$ の第

1 レーザー光 L1 に対して $N1 = 1.4$ であり、波長 $\lambda 2 = 640 \text{ nm}$ の第 2 レーザー光 L2 に対して $N2 = 1.39$ である時に、凹凸状回折パターン部 21a1 中の凹部の深さは $d p = 0.821 \mu\text{m}$ 以上、 $d q = 1.008 \mu\text{m}$ 以下であれば第 1 レーザー光 L1 と第 2 レーザー光 L2 の回折効率のバランスをとることができる。図 10 から明らかなように、 $d p$ 、 $d q$ 付近では、それぞれの回折効率の変化が緩やかである。

【0128】

また、波長 $\lambda 1$ が 403 nm 以上 415 nm 以下、波長 $\lambda 2$ が 640 nm 以上 660 nm 以下、波長 $\lambda 3$ が 770 nm 以上 790 nm 以下で、この時に収差補正素子 21 の硝材の各屈折率が下記の表 9 の通りである時に、 $d p$ と $d q$ の深さを最大幅で取り、その時の回折効率を表 9 に示す。

10

【表 9】

屈折率	深さ [μm]	$\lambda 1$ の 0 次回折効率 [%]		$\lambda 2$ の 1 次回折効率 [%]	
		403nm	415nm	640nm	660nm
$N1=1.4, N2=1.39$	0.821~1.038	70.2~100.0	63.3~100.0	33.9~40.5	35.6~40.5
$N1=1.5, N2=1.49$	0.653~0.830	68.9~100.0	62.0~100.0	33.6~40.5	35.3~40.5
$N1=1.6, N2=1.59$	0.542~0.692	68.0~100.0	61.0~100.0	33.4~40.5	35.1~40.5
$N1=1.7, N2=1.69$	0.464~0.593	67.7~100.0	60.7~100.0	33.2~40.5	35.0~40.5
屈折率	深さ [μm]	$\lambda 3$ の 1 次回折効率 [%]			
		770nm	790nm		
$N3=1.385$	0.821~1.038	37.4~40.5	36.7~40.5		
$N3=1.485$	0.653~0.830	37.5~40.5	36.7~40.5		
$N3=1.585$	0.542~0.692	37.5~40.5	36.8~40.5		
$N3=1.685$	0.464~0.593	37.6~40.5	36.8~40.5		

【0129】

表 9 から明らかなように、上記波長範囲の時に、 $d p$ と $d q$ の間（波長 $\lambda 1$ に対して位相差 2π から 2π より僅かに短い範囲）で収差補正素子 21 の凹凸状回折パターン部 21a1 中の凹部の深さ d を設定することで、超高密度光ディスク 1、DVD 2、CD 3 とともに最大回折効率付近の変化が緩やかなところを使えるため、超高密度光ディスク 1、DVD 2、CD 3 とともに高効率でバランスの良い回折効率とすることができる。即ち、収差補正素子 21 の凹凸状回折パターン部 21a1 は、凸部のパターンを通る光と凹部のパターンを通る光との位相差が 2π もしくは 2π より僅かに短くなるように設定すれば良い。

30

【0130】

次に、本発明に係る光ピックアップ装置 10 において、収差補正素子 21 の下面 21b の外周領域に形成した第 2 レーザー光用開口制限部 21b3 を削除して、一部簡素化を図った変形例の収差補正素子 21' を適用した場合について、先に説明した図 1 と、新たな図 11 ~ 図 14 とを用いて説明する。

40

【0131】

図 11 は一部簡素化を図った変形例の収差補正素子を説明するための図であり、(a) は上面図、(b) は正面図、(c) は凹凸状回折パターン部の凹凸形状図、

図 12 は図 11 に示した変形例の収差補正素子と、図 5 に示した対物レンズとにより、超高密度光ディスクを記録又は再生する場合を模式的に示した図、

図 13 は図 11 に示した変形例の収差補正素子と、図 5 に示した対物レンズとにより、DVD を記録又は再生する場合を説明するための光線図、

図 14 は図 11 に示した変形例の収差補正素子と、図 5 に示した対物レンズとにより、CD を記録又は再生する場合を説明するための光線図である。

50

【0132】

本発明に係る光ピックアップ装置10において、先に説明した収差補正素子21に代えて一部簡素化を図った変形例の収差補正素子21'は、図1に示したように、レンズホルダ20内の下方部位に収納されており、この収差補正素子21'の上方部位に対物レンズ22が収納されている。

【0133】

即ち、図11(a), (b)に示した如く、一部簡素化を図った変形例の収差補正素子21'は、先に図4(a), (b)を用いて説明した収差補正素子21と同様に、光透過性を有する厚さ0.925mmのBK7(ホウケイ酸クラウンガラス)を用いて、外形形状を5mm角の正方形に形成し、且つ、対物レンズ22(図1)と対向する上面21a側で中心“O”を中心にした直径 $\phi 2.6$ mmの内周領域内に凹凸状回折パターン部21a1が形成されていると共に、この凹凸状回折パターン部21a1の外周に隣接した外周領域は凹凸状回折パターン部が形成されていない平坦な上面21aとなっている。

【0134】

また、図11(c)に示した如く、収差補正素子21'の上面21aに形成した凸状回折パターン部21a1は、凹凸部が径方向に複数本リング状に形成され、且つ、凹凸部の繰り返し周期Tが内周部から外周部に向かうにつれて徐々に狭めて形成されていると共に、段差が1段の凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdは、青色半導体レーザー11(図1)から出射した波長 $\lambda 1 = 405$ nmの第1レーザー光L1に対して回折作用が発生しないように前記した数1から求めると、全く回折せずに第1レーザー光L1の0次光をそのまま透過するようになっている。即ち、凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdが位相差 2π の整数倍の時、0次回折効率が100%となり、前記した数1中で自然数kをk=1とした場合に、収差補正素子21'の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdは0.763 μ mとなっている。

【0135】

一方、先に説明した収差補正素子21に対して異なる点を説明すると、図11(a), (b)に示したように、一部簡素化を図った変形例の収差補正素子21'の下面21b側には、上記した凹凸状回折パターン部21a1と対向して光透過性平坦部21b1が中心“O”を中心にして直径 $\phi 2.18$ mm以内の内周領域に円形状に形成され、且つ、光透過性平坦部21b1の外周に隣接して直径 $\phi 2.18$ mm以上で直径 $\phi 3.74$ mm以下の外周領域内に第3レーザー光L3に対して対物レンズ22への開口数を制限する第3レーザー光用開口制限部21b4がダイクロイック膜を用いてリング状に成膜されている。即ち、上記した第3レーザー光用開口制限部21b4は、先に、図4(a), (b)で説明した第2, 3レーザー光用開口制限部21b2, 21b3を含む領域に成膜されており、第2レーザー光用開口制限部21b3が成膜されない分だけ、変形例の収差補正素子21'を安価に製作できるものである。

【0136】

ここで、図12に示した如く、レンズホルダ20内に収納した変形例の収差補正素子21'と対物レンズ22とにより超高密度光ディスク1を記録又は再生する場合に、対物レンズ22の第2面22bと超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1aとの間で作動距離WD1が0.5mm程度に設定されている状態で青色半導体レーザー11(図1)から出射した波長 $\lambda 1 = 405$ nmの第1レーザー光L1をコリメータレンズ12(図1)で平行光にし、この平行光を収差補正素子21'の下面21bの内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部21b1と、この光透過性平坦部21b1の外側にダイクロイック膜を用いてリング状に順に成膜した第3レーザー光用開口制限部21b4とをそのまま透過させ、更に、この平行光を収差補正素子21'の上面21aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21a1で回折させずに0次光をそのまま透過させ、平行光のままに対物レンズ22の第1面22aに入射させている。

【0137】

そして、対物レンズ22の第1, 第2面22a, 22bで絞った第1レーザービームを超高密度光ディスク1のレーザービーム入射面1aから入射させてディスク基板厚さが0

10

20

30

40

50

、1 mmの信号面1 bに集光している。

【0138】

この場合には、波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ の第1レーザー光 L_1 に対して収差補正素子21'の上面21 aに形成した凹凸状回折パターン部21 a1で回折が生じないため、収差補正素子21'での反射並びに吸収以外の光量損失がなく、前記したように凹凸状回折パターン部21 a1中の凹部の深さ d が $0.763 \mu\text{m}$ の場合に、0次光の回折効率は100%である。

【0139】

次に、図13に示した如く、レンズホルダ20内に収納した変形例の収差補正素子21'と対物レンズ22とによりDVD2を記録又は再生する場合に、対物レンズ22の第2面22 bとDVD2のレーザービーム入射面2 aとの間で作動距離WD2が 0.35 mm 程度に設定されている状態で赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ の第2レーザー光 L_2 をコリメータレンズ34（図1）で平行光にし、この平行光を収差補正素子21'の下面21 bの内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部21 b1と、この光透過性平坦部21 b1の外側にダイクロイック膜を用いてリング状に順に成膜した第3レーザー光用開口制限部21 b4とをそのまま透過させている。

【0140】

ここで、収差補正素子21'の下面21 bに入射させた平行光のうちで収差補正素子21'の上面21 aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21 a1より外側で $\phi 2.6 \text{ mm}$ 以上の外周領域の平行光は凹凸状回折パターン部が形成されていない平坦な上面21 aの外周領域をそのまま透過させて対物レンズ22に入射させているので、収差補正素子21'上での周辺部の収差は大きく、内周と外周の波面は非連続で変化し、波面の連続性が保たれなくなり、対物レンズ22を通過した外周光はDVD2の信号面2 b上でスポット形成に寄与しない。言い換えると、前述したように、収差補正素子21'の上面21 aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21 a1はDVD2に対して対物レンズ22への開口数が0.6相当になるように形成されているため、第2レーザー光 L_2 による外周の平行光は凹凸状回折パターン部21 a1を通過しないのでDVD2に対して対物レンズ22への開口数が制限された状態でスポット形成に寄与しない。

【0141】

一方、収差補正素子21'の下面21 bに入射させた平行光のうちで収差補正素子21'の上面21 aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21 a1より内側で $\phi 2.6 \text{ mm}$ 以内の内周領域の平行光のみを凹凸状回折パターン部21 a1で回折させた1次光によって球面収差を補正して凹凸状回折パターン部21 a1を透過させ、回折させて得た1次光による拡散光を対物レンズ22の第1面22 aに入射させている。

【0142】

そして、対物レンズ22の第1、第2面22 a、22 bで絞った第2レーザービームをDVD2のレーザービーム入射面2 aから入射させてディスク基板厚さが 0.6 mm の信号面2 b上に集光している。

【0143】

この場合、対物レンズ22は超高密度光ディスク用として設計されているので、赤色半導体レーザー31（図1）から出射した波長 $\lambda_2 = 660 \text{ nm}$ の第2レーザー光 L_2 に対して球面収差が大きくなるものの、収差補正素子21'の上面21 aに形成した凹凸状回折パターン部21 a1で第2レーザー光 L_2 に対して波面補正を行うことによって球面収差を補正しているので、DVD2への記録又は再生に支障をきたさない。

【0144】

更に、図14に示した如く、レンズホルダ20内に収納した変形例の収差補正素子21'と対物レンズ22とによりCD3を記録又は再生する場合に、対物レンズ22の第2面22 bとCD3のレーザービーム入射面3 aとの間で作動距離WD3が 0.14 mm 程度に設定されている状態で赤外半導体レーザー41（図1）から出射した波長 $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ の第3レーザー光 L_3 をコリメータレンズ44（図1）で平行光とし、さらに凹レン

ズ45(図1)によって拡散光にし、この拡散光を収差補正素子21'の下面21bの外周領域にダイクロイック膜を用いてリング状に順に成膜した第3レーザー光用開口制限部21b4で遮蔽して対物レンズ22への開口数(NA)が0.45相当となるように開口制限されるも、収差補正素子21'の下面21bの内周領域に円形状に形成した光透過性平坦部21b1を透過させ、更に、この拡散光を収差補正素子21'の上面21aの内周領域に形成した凹凸状回折パターン部21a1で第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折させた1次光によって球面収差を補正して凹凸状回折パターン部21a1を透過させ、第2レーザー光L2よりも拡散度を強めて回折させて得た1次光による拡散光を対物レンズ22の第1面22aに入射させている。

【0145】

そして、対物レンズ22の第1、第2面22a、22bで絞った第3レーザービームをCD3のレーザービーム入射面3aから入射させてディスク基板厚さが1.2mmの信号面3b上に集光している。

【0146】

この場合、対物レンズ22は超高密度光ディスク用として設計されているので、赤外半導体レーザー41(図1)から出射した波長 $\lambda_3 = 780\text{nm}$ の第3レーザー光L3に対して球面収差が大きくなるものの、収差補正素子21'の上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1の周期T(図11(c))が第2レーザービームに対して最適設計されているので、この凹凸状回折パターン部21a1によって第3レーザー光L3に対して波面補正を行って球面収差を補正し、更に不足する球面収差補正量に対して凹レンズ45(図1)を用いて拡散光とした第3レーザー光L3を収差補正素子21'に入射する際に有限補正を行って、波面補正と有限補正とを併せて球面収差を補正しているので、CD3への記録又は再生に支障をきたさない。

【0147】

そして、一部簡素化を図った変形例の収差補正素子21'を用いた場合でも、超高密度光ディスク用の第1レーザー光L1とDVD用の第2レーザー光L2とを平行光の状態に収差補正素子21'の下面21bに入射させ、CD用の第3レーザー光L3のみを拡散光の状態に収差補正素子21'の下面21bに入射させているために、先に説明した収差補正素子21と同様に、第1、第2レーザー光L1、L2の光軸が対物レンズ22の光軸に対して僅かにズレた場合でも球面収差の悪化が少なくなると共に、収差補正素子30'に入射させる場合に平行光の方が拡散光よりも組み立て時の光軸調整が容易となり、更に、先に図9を用いて説明したと同様に、DVD2、CD3に対する対物レンズシフト時の波面収差を従来例よりも向上させることができる。

【0148】

更に、一部簡素化を図った変形例の収差補正素子21'でも、上面21aに形成した凹凸状回折パターン部21a1中の凹部の深さdを、先に図10を用いて説明したと同様に、波長 λ_1 が405nmである第1レーザー光L1に対して略最大回折効率が得られる深さと、波長 λ_2 が660nmである第2レーザー光L2に対して略最大回折効率が得られる深さとの間になるように設定することで、前述したように波長 λ_3 が780nmである第3レーザー光L3に対しても略最大回折効率が得られるために、超高密度光ディスク1、DVD2、CD3を良好に記録又は再生できる。

【図面の簡単な説明】

【0149】

【図1】本発明に係る光ピックアップ装置の全体構成を示した図である。

【図2】(a)～(c)は図1に示した収差補正素子の作製方法1を説明するための工程図である。

【図3】(a)～(f)は図1に示した収差補正素子の作製方法2を説明するための工程図である。

【図4】図1に示した実施例における収差補正素子を説明するための図であり、(a)は上面図、(b)は正面図、(c)は凹凸状回折パターン部の凹凸形状図である。

10

20

30

40

50

【図5】超高密度光ディスク用として無限共役に最適化された対物レンズを用いて、超高密度光ディスク、DVD、CDを記録又は再生する場合を拡大して示した図である。

【図6】図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、超高密度光ディスクを記録又は再生する場合を模式的に示した図である。

【図7】図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、DVDを記録又は再生する場合を説明するための光線図である。

【図8】図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、CDを記録又は再生する場合を説明するための光線図である。

【図9】図4に示した収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、DVD、CDを記録又は再生した時に、DVD、CDに対して対物レンズシフト時の最良像面での波面収差を示した図である。

10

【図10】図4に示した収差補正素子に、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ の第1～第3レーザー光が入射した時の各回折効率と、凹凸状回折パターン部中の凹部の深さとの関係を示した図である。

【図11】一部簡素化を図った変形例の収差補正素子を説明するための図であり、(a)は上面図、(b)は正面図、(c)は凹凸状回折パターン部の凹凸形状図である。

【図12】図11に示した変形例の収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、超高密度光ディスクを記録又は再生する場合を模式的に示した図である。

【図13】図11に示した変形例の収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、DVDを記録又は再生する場合を説明するための光線図である。

【図14】図11に示した変形例の収差補正素子と、図5に示した対物レンズとにより、CDを記録又は再生する場合を説明するための光線図である。

20

【図15】従来の光ヘッド装置の形態を示した図である。

【図16】(a)～(c)は従来の光ヘッド装置において、3種類の光学系からの出射光を3種類の光ディスクにそれぞれ照射する状態を模式的に示した図である。

【図17】従来の光ヘッド装置において、DVD及びCDに対して対物レンズシフト時の波面収差を示した図である。

【符号の説明】

【0150】

1…第1光記録媒体（超高密度光ディスク）、

1a…レーザービーム入射面、1b…信号面、

30

2…第2光記録媒体（DVD）、2a…レーザービーム入射面、2b…信号面、

3…第3光記録媒体（DVD）、3a…レーザービーム入射面、3b…信号面、

5…光ディスク駆動装置、6…スピンドルモータ、7…ターンテーブル、

10…本発明に係る光ピックアップ装置、

11…第1レーザー光源（青色半導体レーザー）、

12…コリメータレンズ、13…偏光ビームスプリッタ、

14…第1ダイクロイックプリズム、15…位相板、

16…第2ダイクロイックプリズム、17…平面ミラー、20…レンズホルダ、

21…収差補正素子、

21'…一部簡素化を図った変形例の収差補正素子、

40

21a…上面、21a1…凹凸状回折パターン部、

21b…下面、21b1…光透過性平坦部、

21b2…第3レーザー光用開口制限部、21b3…第2レーザー光用開口制限部、

22…対物レンズ、22a…第1面、22b…第2面、

30…DVD用集積デバイス、

31…第2レーザー光源（赤色半導体レーザー）、

34…コリメータレンズ、

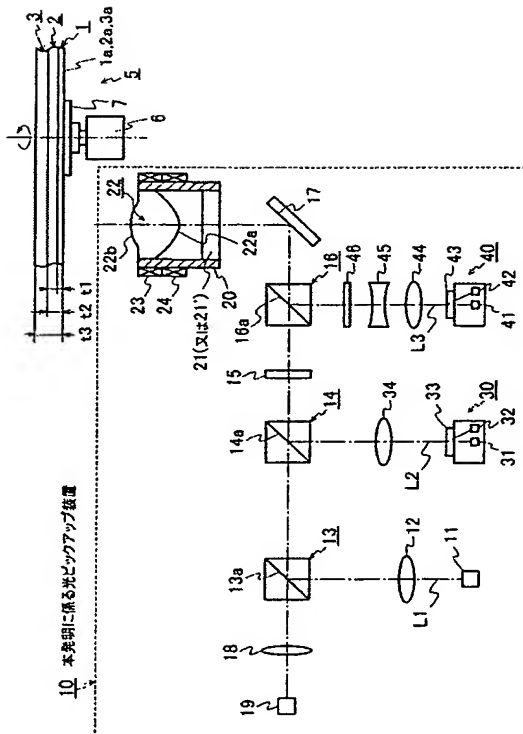
40…CD用集積デバイス、

41…第3レーザー光源（赤外半導体レーザー）、

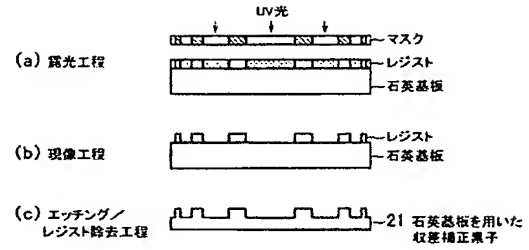
50

44…コリメータレンズ、45…凹レンズ、46…位相板、
 d …収差補正素子の凹凸状回折パターン部中の凹部の深さ、
 $L1 \sim L3$ …第1～第3レーザー光、
 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ …第1～第3レーザー光の波長。

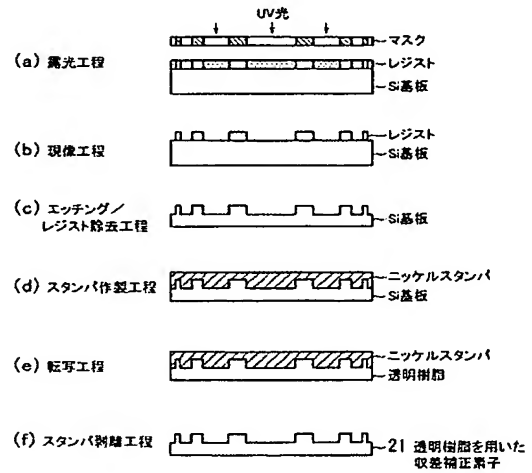
【図1】



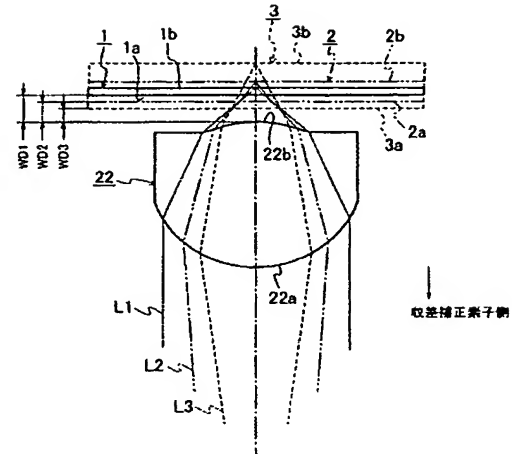
【図2】



【図3】

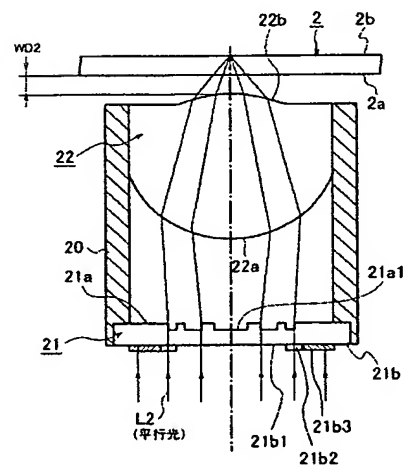


【図5】

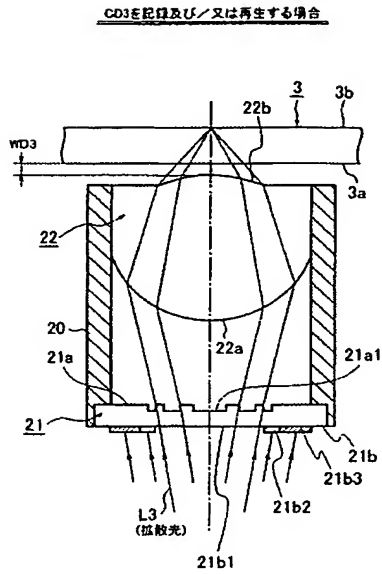


【図7】

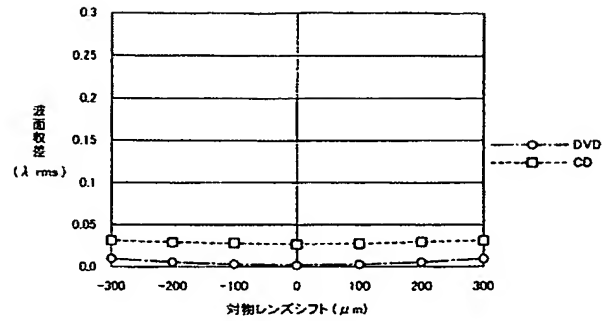
DVD2を記録及び／又は再生する場合



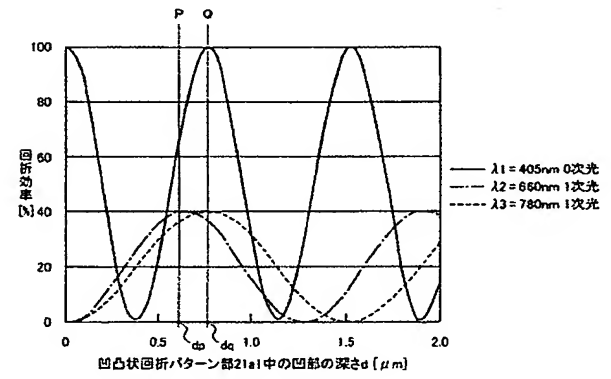
【図8】



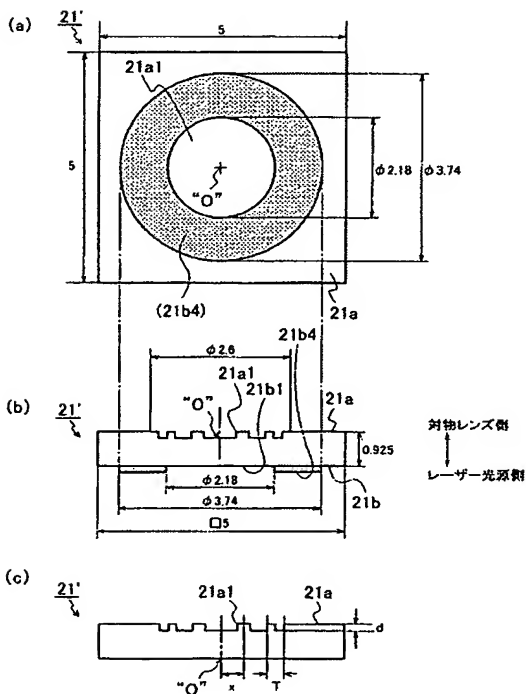
【図9】



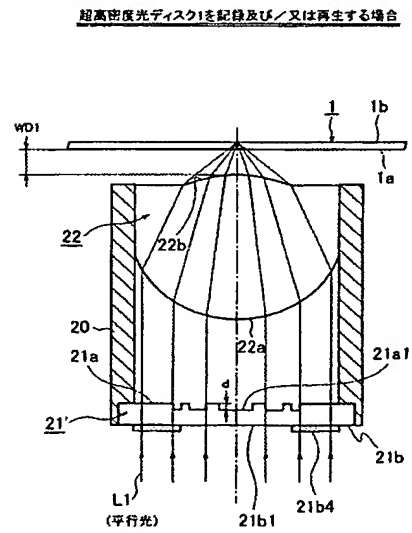
【図10】



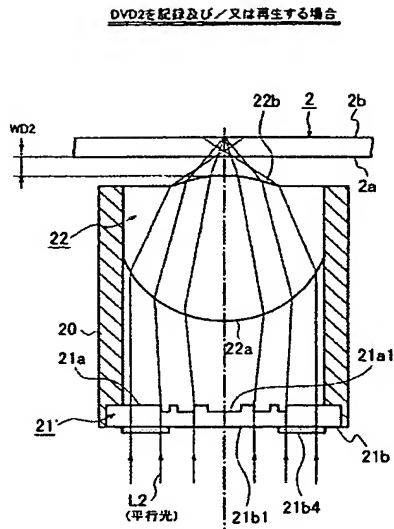
【図11】



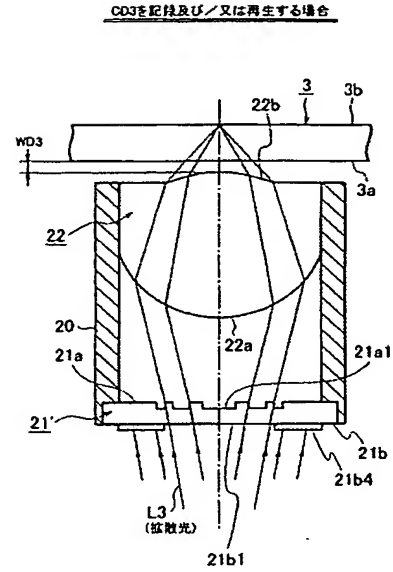
【図12】



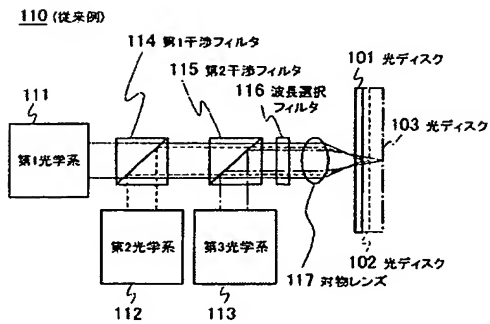
【図13】



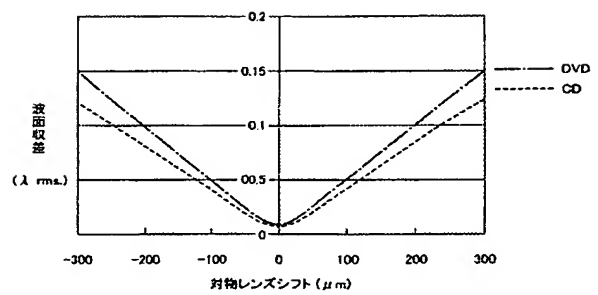
【図14】



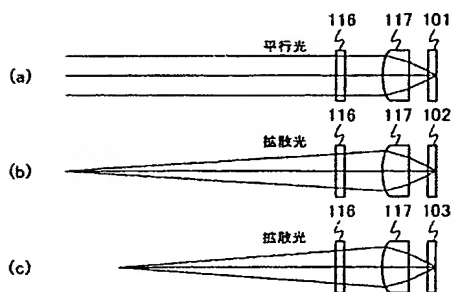
【図15】



【图17】



【图16】



フロントページの続き

Fターム (参考) 5D789 AA03 AA41 CA16 EC01 EC45 EC47 FA08 JA09 JA64 JB02